

## Method for estimating scattered radiation, in particular for correcting radiography measurements

**Patent number:** FR2820965  
**Publication date:** 2002-08-23  
**Inventor:** DARBOUX MICHEL; DINTEN JEAN MARC  
**Applicant:** COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE (FR)  
**Classification:**  
 - **international:** A61B6/00  
 - **européen:** A61B6/02H  
**Application number:** FR20010002139 20010216  
**Priority number(s):** FR20010002139 20010216

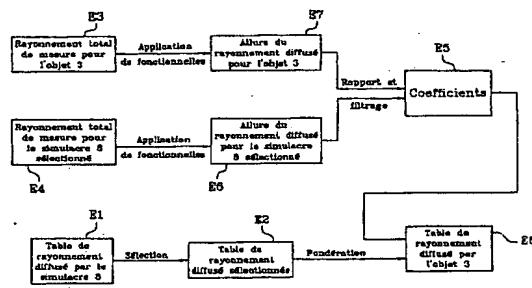
### Also published as:

-  EP1232726 (A1)
-  US6594338 (B2)
-  US2002141541 (A1)

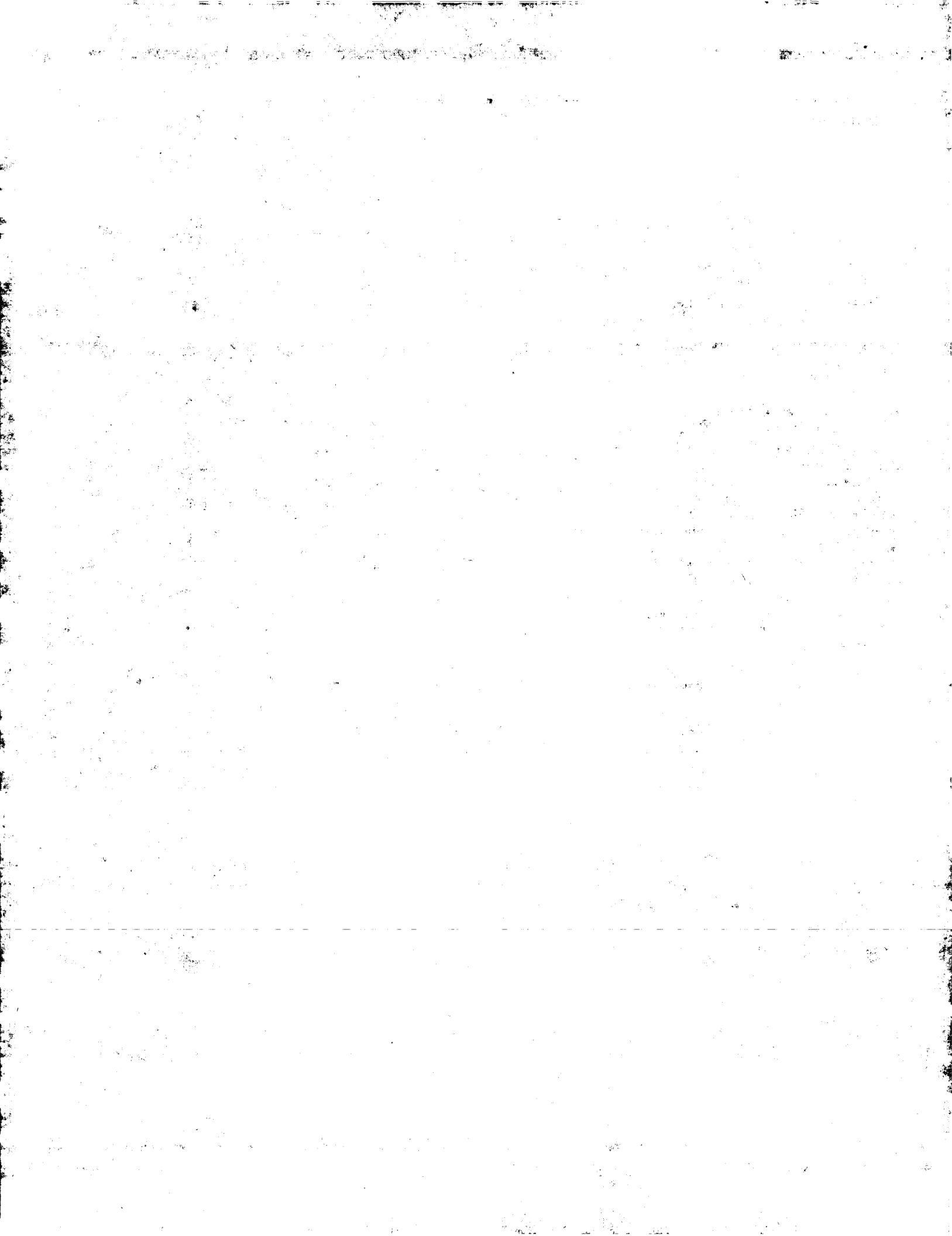
Abstract not available for FR2820965

Abstract of correspondent: **US2002141541**

The radiography of a subject is improved by estimating the scattered radiation it transmits to the detectors. For this, one uses scattered radiation measured effectively through a simulacrum of the subject, with analogous attenuation properties, and which are modified by weighted coefficients obtained through a transformation of the values of total radiation received through the subject (3) and the simulacrum (8) selected. Thus it is also possible to improve radiographs without double irradiation of the subject to measure the scattered radiation separately



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
 INSTITUT NATIONAL  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
 PARIS

(11) № de publication : **2 820 965**  
 (à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
 (21) № d'enregistrement national : **01 02139**  
 (51) Int Cl<sup>7</sup> : **A 61 B 6/00**

(12)

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION****A1**

(22) Date de dépôt : 16.02.01.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement de caractère scientifique technique et industriel — FR.*

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.08.02 Bulletin 02/34.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

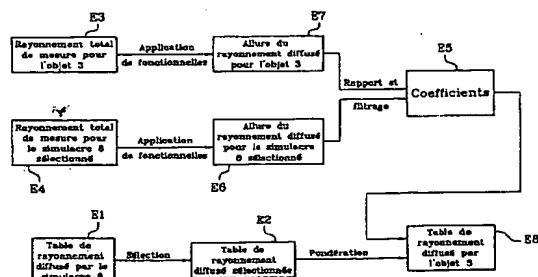
(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : *DARBOUX MICHEL et DINTEN JEAN MARC.*

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : *BREVATOME.*(54) **PROCEDE D'ESTIMATION D'UN RAYONNEMENT DIFFUSE, NOTAMMENT AFIN DE CORRIGER DES MESURES EN RADIOGRAPHIE.**

(57) La radiographie d'un objet est améliorée en estimant le rayonnement diffusé qu'il transmet aux détecteurs. Pour cela, on se sert du rayonnement diffusé effectivement mesuré à travers un simulacre de l'objet, présentant des propriétés d'atténuation analogues, et qu'on modifie par des coefficients de pondération obtenus par une transformation des valeurs du rayonnement total reçu à travers l'objet (3) et le simulacre (8) sélectionné. On parvient ainsi à améliorer les radiographies sans faire subir une double irradiation à l'objet pour mesurer séparément le rayonnement diffusé.



PROCÉDÉ D'ESTIMATION D'UN RAYONNEMENT DIFFUSÉ,  
NOTAMMENT AFIN DE CORRIGER DES MESURES EN RADIOPHOTOGRAPHIE

DESCRIPTION

5 Le sujet de cette invention est un procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé, dont l'application principalement envisagée est la correction de radiographies.

10 L'utilisation d'un rayonnement conique, très fréquent en radiographie, présente l'inconvénient de produire un rayonnement diffusé important à travers l'objet examiné. En d'autres termes, chacun des détecteurs situés derrière l'objet reçoit non seulement un rayonnement primaire, provenant directement de la 15 source par un trajet rectiligne et ayant traversé une région bien définie de l'objet, mais un rayonnement diffusé de provenance indéterminée qui affecte la mesure et qu'il serait donc souhaitable de corriger.

Plusieurs procédés sont déjà pratiqués.  
20 C'est ainsi que le rayonnement primaire peut être mesuré seul si une collimation stricte des détecteurs et de la source est faite afin d'intercepter le rayonnement diffusé, mais ce procédé nécessite en pratique un balayage du faisceau qui est lent à 25 accomplir, et pendant lequel on doit s'accommoder de mouvements du patient si on examine des êtres vivants.

On a aussi eu l'idée contraire de ne mesurer que le rayonnement diffusé. On dispose pour cela un réseau discontinu d'absorbeurs, comme des 30 billes de plomb, entre l'objet et les détecteurs, pour arrêter localement le rayonnement primaire, de sorte

que les détecteurs situés derrière ces absorbeurs ne mesurent que le rayonnement diffusé. Ce procédé appelé « beam stop » donne donc des tables ou nappes bidimensionnelles de valeur de rayonnement diffusé, 5 qu'on complète par interpolation entre les détecteurs placés derrière les absorbeurs. Le rayonnement diffusé ainsi estimé est soustrait du rayonnement total mesuré séparément. Ce procédé est précis mais a l'inconvénient qu'il impose deux irradiations de l'objet et donc un 10 doublement de la dose de rayons qu'il reçoit. Un dernier exemple de méthode de correction du rayonnement diffusé par des moyens matériels comporte l'emploi de grilles anti-diffusantes, mais leur efficacité n'est que partielle ; elle est insuffisante pour un faisceau 15 conique, où le rayonnement diffusé peut être plusieurs fois supérieur au rayonnement primaire.

Enfin, il existe un certain nombre de méthodes numériques pour estimer le rayonnement diffusé, à partir de convolutions ou de déconvolutions 20 des mesures par exemple ; on pourrait aussi citer le brevet français 2 759 800 pour un procédé numérique différent, analytique. Elles sont en général d'emploi délicat car elles dépendent de paramètres choisis par l'utilisateur (noyaux de convolution par exemple) qui 25 ne donnent de bons résultats que dans des situations favorables, comme des petites zones où le rayonnement diffusé est faible, ou des objets au contenu relativement homogène. Il n'existe aucun procédé simple qui permette par exemple de corriger le rayonnement 30 diffusé à travers le thorax ou d'autres grandes zones anatomiques, dont l'examen est fréquent mais qui sont

défavorables pour corriger le rayonnement diffusé en raison de leur volume même et de l'hétérogénéité due à la présence d'une structure d'os complexe et dont la capacité d'atténuation du rayonnement est très 5 différente de celle des tissus mous.

Mentionnons enfin le brevet américain 6 018 565 pour l'exposé d'une méthode mixte, à « beam stop » et convolution.

Un objet essentiel de l'invention est de 10 proposer un procédé d'estimation et de correction de rayonnement diffusé qui puisse convenir pour des situations difficiles de radiographie.

Le procédé conforme à l'invention est, sous sa forme la plus générale, un procédé d'estimation d'un 15 rayonnement diffusé provenant d'un rayonnement initial ayant traversé un objet en subissant une atténuation laissant passer un rayonnement total de mesure, caractérisé par :

- une prise d'une table de mesures d'un 20 rayonnement diffusé, obtenue en faisant passer le rayonnement initial par un simulacre de l'objet,

- un calcul de coefficients de transposition entre le simulacre et l'objet, d'après le rayonnement initial, le rayonnement total de mesure à 25 travers l'objet et un rayonnement total de mesure à travers le simulacre,

- et une pondération de la table de mesures avec les coefficients de transposition.

Avantageusement, le simulacre sera un bloc 30 d'épaisseur constante et en une matière homogène, ayant une atténuation semblable à une matière de base de

l'objet ; en général la prise de table de mesure sera une sélection dans une série de tables de mesures de rayonnement diffusé, obtenues auparavant en faisant successivement passer le rayonnement initial à travers une série respective de simulacres de l'objet, d'épaisseurs différentes mais constante ; et la sélection sera faite par comparaison d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers l'objet et d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers les simulacres.

10 Les coefficients de pondération sont généralement des rapports de valeurs d'une même fonctionnelle calculée pour l'objet et pour le simulacre. La fonctionnelle utilisée peut être égale au produit du rayonnement total de mesure par le logarithme du rapport de rayonnement total de mesure et du rayonnement initial.

15 L'invention sera maintenant décrite en référence aux figures, parmi lesquelles :

20 - la figure 1 est une vue générale d'une acquisition des mesures ;

25 - la figure 2 est une vue d'une acquisition de calibration ;

- et la figure 3 illustre les étapes du procédé.

Reportons-nous d'abord à la figure 1, où un tube 1 de rayons X émet un faisceau 2 conique vers un objet 3 à examiner (ici un patient étendu sur une table 4) puis, à travers lui, vers un réseau 5 plan de détecteurs 6 disposés en matrice. Les détecteurs 6 sont reliés à un appareil d'acquisition 7 et mesurent un

rayonnement diffusé qui se superpose au rayonnement primaire, seul convenable pour la radiographie.

L'estimation du rayonnement diffusé à travers le patient 3 consiste tout d'abord à obtenir 5 des tables bidimensionnelles ou nappes de rayonnement diffusé obtenues dans des circonstances comparables. Pour cela, on effectue des irradiations d'étalonnage à travers des simulacres 8 de l'objet 30 à examiner, conformément à la figure 2 : les conditions 10 d'irradiation restent les mêmes, c'est-à-dire qu'on continue d'utiliser le tube 1, le faisceau 2, le réseau 5 de détecteurs 6 et l'appareil d'acquisition 7, le simulacre 8 remplaçant cependant le patient ; on a aussi ajouté une grille 9 de billes 10 de plomb entre 15 le simulacre 8 et le réseau 5. Il résulte de cette disposition que les rayons 11 passant par les billes 10 sont complètement absorbés et que les régions 12 du réseau 5 situées dans le prolongement de ces rayons 11 ont des détecteurs 6 qui ne mesurent que le rayonnement 20 diffusé à ces endroits. Il suffit de relever ces valeurs mesurées et d'interpoler entre les régions 12 pour estimer convenablement le rayonnement diffusé issu du simulacre 8 pour tous les détecteurs 6 du réseau 5.

Le simulacre 8 devrait être semblable à 25 l'objet afin que les rayonnements diffusés par eux fussent identiques. Une similitude parfaite n'est pas réalisable, et c'est pourquoi on se contente d'un simulacre 8 ressemblant à l'objet 3 et dont la nappe associée de rayonnement diffusé sera corrigée 30 ultérieurement pour évaluer celle de l'objet. En pratique, le simulacre 8 peut être un bloc d'une

matière homogène et qui présente le même coefficient d'atténuation que la matière de base de l'objet 3 : dans le cas d'un corps humain, composé pour l'essentiel de tissu mou, on sait que le plexiglas  
5 (polyméthacrylate) convient.

Afin de permettre des mesures variées, on disposera en réalité de plusieurs nappes de rayonnement diffusé, obtenues pour autant de simulacres 8, qui ne différeront que par leur épaisseur et donc par la  
10 longueur du trajet parcouru par les rayons 11. Ces nappes seront enregistrées dans une base de données préalablement aux mesures utiles sur les objets 3 radiographiés. pour prendre une nappe de rayonnement diffusé comparable à celle d'un objet 3, on  
15 sélectionnera en pratique une des nappes de la base de données ou, mieux, une nappe qu'on aura obtenue par des calculs d'interpolation entre deux de ces nappes. Le critère de sélection pourra être défini au moyen d'un rayon particulier 13 aboutissant à une région 14 du réseau 5 et qui ne passera ni par les absorbeurs 10 de la figure 2, ni par des tissus osseux du patient (ou plus généralement des portions de l'objet 3 dont les propriétés d'absorption sont différentes du matériau du simulacre 8) à la figure 1. Le rayonnement total,  
20 primaire et diffusé, reçu par la région 14 après avoir traversé chaque simulacre 8 servira d'index à la table de rayonnement diffusé correspondante, et la table sélectionnée aura l'index à une valeur identique au rayonnement total mesuré à la région 14 à travers  
25 l'objet 3. Tout cela correspond au passage de l'état E1  
30

à l'état E2 dans l'organigramme de la figure 3, qu'on commence à commenter.

La suite du procédé consiste essentiellement en la correction de la table du rayonnement diffusée ainsi sélectionné pour l'ajuster au mieux qu'on puisse espérer à la nappe de rayonnement réellement diffusé par l'objet 3. Pour cela, on se sert de toutes les informations disponibles, c'est-à-dire du rayonnement total reçu par les détecteurs 6 au-delà de l'objet 3 comme du simulacre 8 sélectionné. Ce rayonnement total étant noté  $\Phi_t$ , le rayonnement diffusé  $\Phi_d$ , le rayonnement initial issu du tube 1  $\Phi_0$  et le rayonnement primaire  $\Phi$ , la relation  $\Phi_t = \Phi + \Phi_d$  est respectée.

On est alors aux états E3 et E4 de l'organigramme de la figure 3. Ensuite, on transforme les valeurs des rayonnements totaux  $\Phi_t$  mesurées pour l'objet 3 et le simulacre 8 sélectionné en leur appliquant des fonctionnelles. Plus précisément, il est connu dans l'art que  $\Phi_d$  est proportionnel à  $\Phi_t \log(\Phi_t/\Phi_0)$  ; cette relation, qui est appelée la loi de Klein et Nishina, donne une allure générale du rayonnement diffusé, à défaut de son intensité.

Le rayonnement initial  $\Phi_0$  est connu ; le rayonnement primaire  $\Phi$  ne l'est pas, mais on consent à appliquer cette relation de façon approchée en le remplaçant par le rayonnement total  $\Phi_t$ , c'est-à-dire que la fonctionnelle employée associe à chaque valeur mesurée du rayonnement total  $\Phi_t$  la valeur calculée  $\Phi_t \log(\Phi_t/\Phi_0)$ , supposée proche du rayonnement diffusé

$\Phi_d$  à cet endroit ; on est parvenu aux états E5 et E6 de l'organigramme.

L'étape suivante consiste à faire, pour chacun des détecteurs 6, le rapport des valeurs données 5 par la fonctionnelle pour l'objet 3 et le simulacre 8 sélectionné selon la formule

$$K = \frac{\Phi_t \log(\Phi_t / \Phi_0)_{\text{objet}}}{\Phi_t \log(\Phi_t / \Phi_0)_{\text{simulacre}}}.$$

Les coefficients de pondération K ainsi obtenus serviront à déformer la nappe de rayonnement diffusé sélectionnée à l'état E2 10 afin d'estimer celle de l'objet 3. Les résultats constituent encore une table bidimensionnelle ou une matrice ayant des dimensions identiques à celle des tables de rayonnement puisqu'elle est associée au réseau 5 de détecteurs 6. Il est donc possible et 15 avantageux d'effectuer un filtrage numérique spatial de cette matrice en appliquant un filtre passe-bas qui corrige les coefficients K en ne conservant que les fréquences les plus basses de leur variation et de les rendre ainsi probablement plus conformes à la réalité 20 puisque le rayonnement diffusé varie assez lentement d'un point à un autre.

Quand la table des coefficients de pondération définitifs, notés  $K'$ , a été obtenue (à l'état E7), elle sert à pondérer la table de rayonnement diffusé sélectionnée auparavant à l'état E2, pour obtenir une table de rayonnement diffusé par l'objet 3 (état E8, qui constitue l'estimation recherchée) ; la formule appliquée est  $\Phi_d \text{ objet} = K' \Phi_d \text{ simulacre}$ . Ces valeurs estimées  $\Phi_d$  25 30 objet pourront alors être soustraites du rayonnement

total  $\Phi_t$  mesuré par les détecteurs 6 pour estimer le rayonnement primaire  $\Phi$  et obtenir une image radiographique plus précise de l'objet 3.

5 Ce procédé s'applique aux radiographies à énergie d'irradiation simple ou multiple ; dans le second cas, il est répété séparément pour chacune des énergies employées.

10 La fonctionnelle proposée ici n'est pas la seule qu'on puisse employer, et la fonctionnelle plus simple  $\Phi_d = k\Phi$  (approchée ici encore en  $\Phi_d = k\Phi_t$ ),  $k$  étant une constante, pourrait aussi donner de bons résultats pour estimer  $\Phi_d$ .

**REVENDICATIONS**

1. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé provenant d'un rayonnement initial ayant traversé un objet (3) en subissant une atténuation 5 laissant passer un rayonnement total de mesure, caractérisé par :

- une prise d'une table de mesures d'un rayonnement diffusé, obtenue en faisant passer le rayonnement initial par un simulacre (8) de l'objet,
- 10 - un calcul de coefficients ( $K'$ ) de transposition entre le simulacre et l'objet, d'après le rayonnement initial ( $\Phi_0$ ), le rayonnement total de mesure à travers l'objet ( $\Phi_t$  objet) et un rayonnement total de mesure à travers le simulacre ( $\Phi_t$  simulacre),
- 15 - et une pondération de la table de mesures avec les coefficients de transposition.

2. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le simulacre (8) est un bloc d'épaisseur constante et 20 en une matière homogène, ayant une atténuation semblable à une matière de base de l'objet.

3. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la prise de table de mesures est une sélection dans une 25 série de tables de mesures de rayonnement diffusé, obtenues en faisant successivement passer le rayonnement initial à travers une série respective de simulacres de l'objet, qui sont des blocs d'épaisseurs différentes mais constante et en une matière homogène, 30 ayant une atténuation semblable à une matière de base de l'objet.

4. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la sélection comprend une interpolation entre deux des tables de mesures.

5 5. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que la sélection est faite par comparaison d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers l'objet et d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers les simulacres.

10 6. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la comparaison est faite pour des rayons identiques (13) du rayonnement initial à travers l'objet et les 15 simulacres, ne traversant que la matière de base de l'objet.

15 7. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les coefficients de pondération sont des rapports de fonctionnelle 20 identiques calculées pour l'objet et pour le simulacre.

25 8. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les fonctionnelles sont égales au produit du rayonnement total de mesure par le logarithme du rapport du rayonnement total de mesure et du rayonnement initial.

30 9. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de filtrage passe-bas des coefficients de transposition.

arrangés en une table superposable à la table de mesures.

10. Procédé de radiographie comprenant une étape de correction de mesures de radiographie par une 5 soustraction d'un rayonnement diffusé estimé selon le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/2

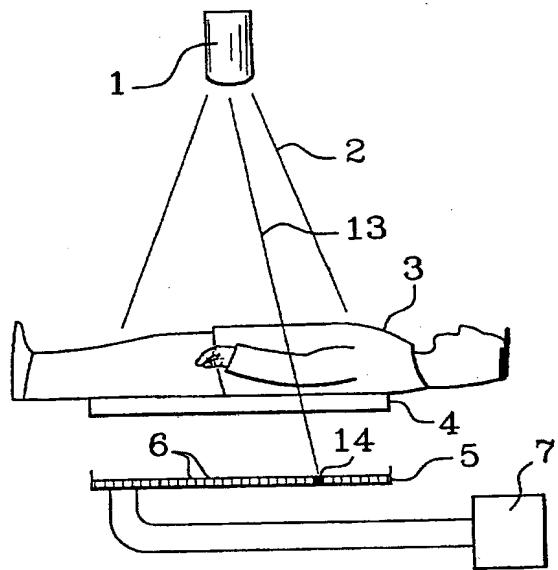
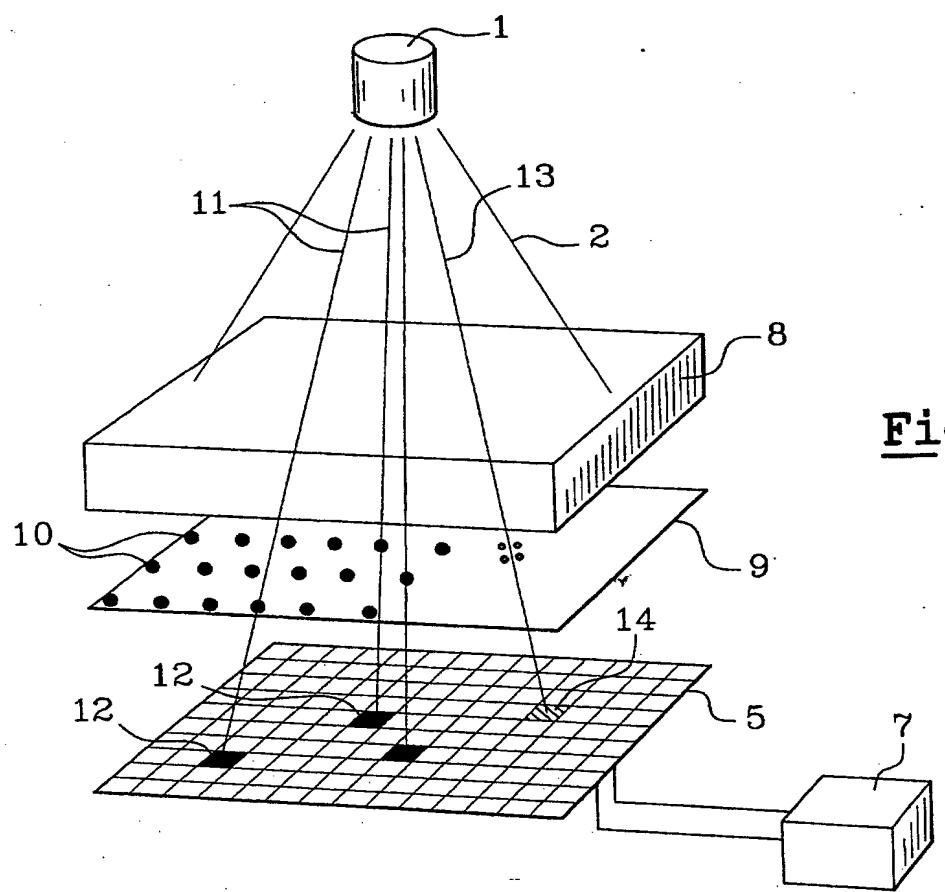
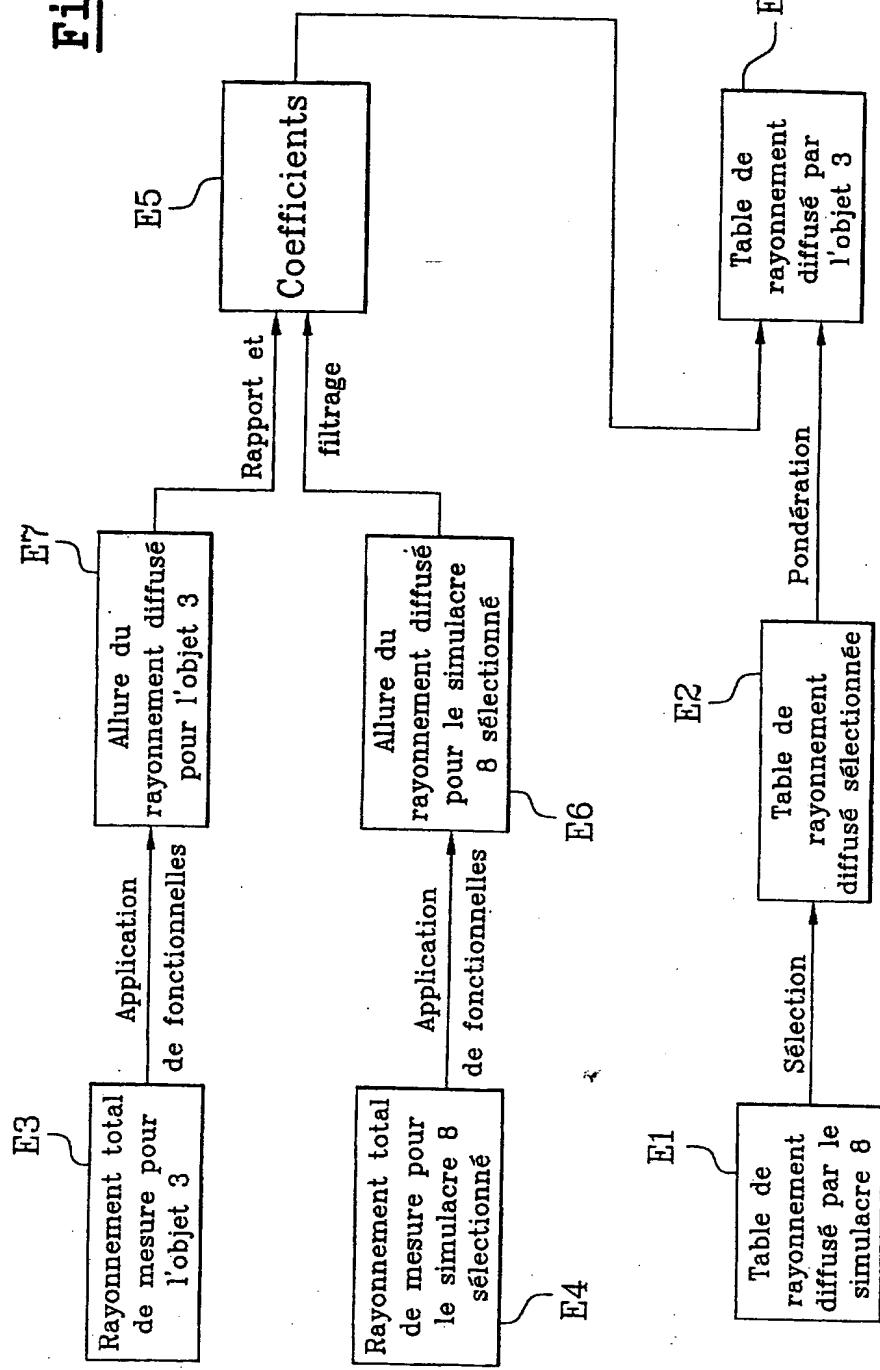
Fig. 1Fig. 2

Fig. 3

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications  
 déposées avant le commencement de la recherche

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 4 549 307 A (MACOVSKI ALBERT) 22 octobre 1985 (1985-10-22) * colonne 2, ligne 3 - ligne 28 * ---	1	A61B6/00
A	US 5 615 279 A (YOSHIOKA TOMONORI ET AL) 25 mars 1997 (1997-03-25) * colonne 17, ligne 26 - ligne 36 * * colonne 13, ligne 31 - ligne 39 * ---	1	
A	US 5 666 391 A (RUEHRNSCHOPF ERNSTPETER ET AL) 9 septembre 1997 (1997-09-09) * colonne 4, ligne 45 - ligne 57 * ---	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.Cl.7)
			A61B G01N H04N
1	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
	16 octobre 2001	Knüpling, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

2820965

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0102139 FA 603682**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 16-10-2001.  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française.

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4549307	A	22-10-1985	DE EP ES ES IL JP JP JP	3380776 D1 0105618 A2 525814 D0 8500540 A1 69647 A 1615433 C 2033975 B 59131151 A	30-11-1989 18-04-1984 01-10-1984 01-01-1985 30-11-1986 30-08-1991 31-07-1990 27-07-1984
US 5615279	A	25-03-1997	JP	7124150 A	16-05-1995
US 5666391	A	09-09-1997	DE JP	19523090 C1 9010199 A	29-08-1996 14-01-1997

